

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Juni 2001 (07.06.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/39751 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: A61K 9/48, 9/20

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/11922

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. November 2000 (29.11.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 58 007.3 2. Dezember 1999 (02.12.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **RÖHM GMBH** [DE/DE]; Kirschenallee, 64293
Darmstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PETEREIT, Hans-Ulrich** [DE/DE]; Händelstrasse 40, 64291 Darmstadt

(DE). **BECKERT, Thomas** [DE/DE]; Carlo-Mieren-
dorff-Strasse 36, 64297 Darmstadt (DE). **ASSMUS,**
Manfred [DE/DE]; Erbsengasse 9, 64404 Bickenbach
(DE). **HÖSS, Werner** [DE/DE]; Hohebergstrasse 43,
63150 Heusenstamm (DE). **FUCHS, Wolfgang** [DE/DE];
Hauptstrasse 20, 64665 Alsbach (DE). **SCHIKOWSKY,**
Hartmut [DE/DE]; Karlstrasse 1, 64285 Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD,
SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ,
VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INJECTION MOLDING METHOD FOR (METH)ACRYLATE COPOLYMERS HAVING TERTIARY AMMONIUM GROUPS

(54) Bezeichnung: SPRITZGUSSVERFAHREN FÜR (METH)ACRYLAT-COPOLYMERE MIT TERTIÄREN AMMONIUM-GRUPPEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing molded bodies by injection molding which comprises the following steps: a) melting a (meth)acrylate copolymer that is composed of 30 to 80 % by weight of radically polymerized C1 to C4 alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20 % by weight of (meth)acrylate monomers with a tertiary ammonium group in the alkyl group. The (meth)acrylate copolymer used is present in a mixture with 1 to 70 % by weight of a softener and a desiccating agent in a ratio of 1: 1 to 1: 20 and with 0.05 to 5 % by weight of a mold-release agent. In addition, other conventional additives or adjuvants and optionally a pharmaceutically active substance can be present in the mixture. Before melting, the mixture has a content of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120 °C of more than 0.5 % by weight. In step b), the mixture is degassed in the thermoplastic state at temperatures of at least 120 °C, thereby reducing the content of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120 °C to not more than 0.5 % by weight. The molten and degassed mixture is c) injected into the mold cavity of an injection mold, the mold cavity having a temperature that is at least 10 °C below the glass transition temperature of the (meth)acrylate copolymer. The molten mixture is then cooled off and the molded body obtained is removed from the mold.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern mittels Spritzguss mit den Verfahrensschritten a) Aufschmelzen eines (Meth)acrylat-Copolymeren, das sich aus 30 bis 80 Gew.-% radikalisch polymerisierten C1- bis C4-Alkylestern der Acryl- oder der Methacrylsäure und 70 bis 20 Gew.-% (Meth)acrylat-Monomeren mit einer tertiären Ammoniumgruppe im Alkylrest zusammensetzt, wobei das (Meth)acrylat-Copolymere in Mischung mit 1 bis 70 Gew.-% eines Weichmachers und eines Trockenstellmittels im Verhältnis 1: 1 bis 1: 20 sowie mit 0,05 bis 5 Gew.-% eines Formtrennmittels vorliegt und zusätzlich weitere übliche Additive oder Hilfsstoffe und gegebenenfalls auch ein pharmazeutischer Wirkstoff in der Mischung enthalten sein können und die Mischung vor dem Aufschmelzen einen Gehalt an niedrigsiedenden Bestandteilen mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120 °C von über 0,5 Gew.-% aufweist, b) Entgasen der Mischung im thermoplastischen Zustand bei Temperaturen von mindestens 120 °C, wodurch der Gehalt der niedrigsiedenden Bestandteile mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120 °C auf höchstens 0,5 Gew.-% gesenkt wird und c) Einspritzen der aufgeschmolzenen und entgasten Mischung in den Formhohlraum eines Spritzgiesswerkzeugs, wobei der Formhohlraum eine Temperatur aufweist, die mindestens 10 °C unterhalb der Glas temperatur des (Meth)acrylat-Copolymeren liegt, Abkühlen der Schmelzemischung und Entnahme des erhaltenen Formkörpers aus der Form.

WO 01/39751 A1



OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Spritzgußverfahren für (Meth)acrylat-Copolymere mit tertiären Ammoniumgruppen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern mittels Spritzguß, die Formkörper selbst und deren Verwendung für pharmazeutische Zwecke.

Stand der Technik

US 4 705 695 beschreibt ein Verfahren zum Überziehen von pharmazeutischen Formulierungen mit einem wäßrigen Überzugsmittel enthaltend ein wasserlösliches (Meth)acrylat-Copolymer mit tertiären Aminogruppen sowie ein wasserunlösliches, neutrales Polymer als Binder. Die Löslichkeit des (Meth)acrylat-Copolymers, bestehend z. B. aus gleichen Anteilen Methylmethacrylat und Dimethylaminoethylmethacrylat, wird durch Einrühren in Pulverform mit Partikelgrößen unter 0,25 mm in Wasser unter gleichzeitiger Zugabe einer Säure bewirkt. Als Binder wird ein unlösliches Copolymer, z. B. aus Methylmethacrylat und Ethylacrylat (70 : 30), eingesetzt. Die Herstellung der Überzugslösung ist relativ aufwendig. Wegen des Gehaltes an Säure hat der Überzug einen unangenehmen Geschmack. Entsprechende Filme lösen sich sowohl in künstlichem Magensaft als auch in Wasser in weniger als zwei Minuten.

EP 0 704 207 A2 beschreibt thermoplastische Kunststoffe für darmsaftlösliche Arzneiumhüllungen. Es handelt sich dabei um Mischpolymerisate aus 16 bis 40 Gew.-% Acryl- oder Methacrylsäure, 30 bis 80 Gew.-% Methylacrylat und 0 bis 40 Gew.-% anderen Alkylestern der Acrylsäure und/oder Methacrylsäure.

Im Beispiel werden entsprechende Mischpolymerisate bei 160 °C aufgeschmolzen und nach Zugabe von 6 Gew.-% Glycerinmonostearat gemischt. Die Mischung wird gebrochen und zu einem Pulver vermahlen. Das Pulver wird in die Vorkammer eines Spritzpreßwerkzeugs gefüllt und bei 170 °C unter einem Druck von 150 bar durch eine 0,5 mm weite Öffnung in den Formhohlraum gespritzt. Nach Abkühlung erhält man blasenfreie, leicht opake, dünnwandige Arzneimittelkapseln. Besondere Maßnahmen zur Entfernung

niedrig siedender Bestandteile unmittelbar vor der Spritzgußverarbeitung sind nicht offenbart.

Aufgabe und Lösung

Es wurde als Aufgabe gesehen, ein Verfahren bereitzustellen, daß es erlaubt, die bekannten (Meth)acrylat-Copolymere, die Monomere mit tertiären Ammoniumgruppen enthalten, im Spritzgußverfahren zu verarbeiten. Auf diese Weise sollen Formkörper erhalten werden, die magensaftlösliche Eigenschaften aufweisen und hohen mechanischen Anforderungen genügen und daher z. B. als Kapseln (Steckkapseln), die als Behältnisse für pharmazeutische Wirkstoffe dienen, verwendet werden können.

Verfahren zur Herstellung von Formkörpern mittels Spritzguß

mit den Verfahrensschritten

a) Aufschmelzen eines (Meth)acrylat-Copolymeren, das sich aus 30 bis 80 Gew.-% radikalisch polymerisierten C1- bis C4-Alkylestern der Acryl- oder der Methacrylsäure und 70 bis 20 Gew.-% (Meth)acrylat-Monomeren mit einer tertiären Ammoniumgruppe im Alkylrest zusammensetzt,

wobei das (Meth)acrylat-Copolymere in Mischung mit 1 bis 70 Gew.-% von einem Weichmacher und einem Trockenstellmittel im Verhältnis 1: 1 bis 1 : 20 vorliegt,

wobei mindestens 1 Gew.-% Weichmacher enthalten ist,

sowie 0,05 bis 5 Gew.-% eines Trennmittels enthalten sind und

zusätzlich weitere übliche Additive oder Hilfsstoffe und gegebenenfalls ein pharmazeutischer Wirkstoff in der Mischung enthalten sein können und die

Mischung vor dem Aufschmelzen einen Gehalt an niedrigsiedenden Bestandteilen mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C von über 0,5 Gew.-% aufweist

- b) Entgasen der Mischung im thermoplastischen Zustand bei Temperaturen von mindestens 120 °C, wodurch der Gehalt der niedrigsiedenden Bestandteile mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C auf höchstens 0,5 Gew.-% gesenkt wird
- c) Einspritzen der aufgeschmolzenen und entgasten Mischung in den Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs, wobei der Formhohlraum eine Temperatur aufweist, die mindestens 10 °C unterhalb der Glas temperatur des (Meth)acrylat-Copolymeren liegt, Abkühlen der Schmelzemischung und Entnahme des erhaltenen Formkörpers aus der Form.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahren sind neue spritzgegossene Formkörper erhältlich, die Anforderungen hinsichtlich hoher mechanischer Festigkeit und hoher Temperaturstabilität genügen.

Ausführung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Formkörpern mittels Spritzguß gliedert sich in die Verfahrensschritte a), b) und c).

Verfahrensschritt a)

Aufschmelzen eines (Meth)acrylat-Copolymeren, das sich aus 30 bis 80 Gew.-% radikalisch polymerisierten C1- bis C4-Alkylestern der Acryl- oder der Methacrylsäure und 70 bis 20 Gew.-% (Meth)acrylat-Monomeren mit einer tertiären Ammoniumgruppe im Alkylrest zusammensetzt, wobei das (Meth)acrylat-Copolymere in Mischung mit 1 bis 70 Gew.-% von einem Weichmacher und einem Trockenstellmittel im Verhältnis 1 : 1 bis 1 : 20, bevorzugt 1 : 1 bis 1 : 10, besonders bevorzugt 1 : 1 bis 1 : 4, wobei

mindestens 1 Gew.-% Weichmacher enthalten ist, 0,05 bis 5 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 3 Gew.-% eines Trennmittels enthalten sind und zusätzlich weitere übliche Additive oder Hilfsstoffe und gegebenenfalls ein pharmazeutischer Wirkstoff in der Mischung enthalten sein können und die Mischung vor dem Aufschmelzen einen Gehalt an niedrigsiedenden Bestandteilen mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C von über 0,5 Gew.-% aufweist.

Das Aufschmelzen des Copolymeren, das in Granulatform oder Pulverform vorliegt, erfolgt bevorzugt in einem Extruder bei einer Temperatur von 80 bis 250 °C

Das (Meth)acrylat-Copolymer

Das (Meth)acrylat-Copolymer setzt sich aus 30 bis 80 Gew.-% radikalisch polymerisierten C₁- bis C₄-Alkylestern der Acryl- oder der Methacrylsäure und 70 bis 20 Gew.-% (Meth)acrylat-Monomeren mit einer tertiären Ammoniumgruppe im Alkylrest zusammen.

Geeignete Monomere mit funktionellen tertiären Ammoniumgruppen sind in US 4 705 695, Spalte 3, Zeile 64 bis Spalte 4, Zeile 13 aufgeführt. Insbesondere zu nennen sind Dimethylaminoethylacrylat, 2-Dimethylaminopropylacrylat, Dimethylaminopropylmethacrylat, Dimethylaminobenzylacrylat, Dimethylaminobenzylmethacrylat, (3-Dimethylamino-2,2-dimethyl)propylacrylat, Dimethylamino-2,2-dimethyl)propylmethacrylat, (3-Diethylamino-2,2-dimethyl)propylacrylat und Diethylamino-2,2-dimethyl)propylmethacrylat. Besonders bevorzugt ist Dimethylaminoethylmethacrylat.

Der Gehalt der Monomere mit tertiären Ammoniumgruppen im Copolymeren kann vorteilhafterweise zwischen 20 und 70 Gew.-%, bevorzugt zwischen 40 und 60 Gew.-% liegen. Der Anteile der C₁- bis C₄-Alkylestern der Acryl- oder Methacrylsäure beträgt 70 - 30 Gew.-%. Zu nennen sind Methylmethacrylat, Ethylmethacrylat, Butylmethacrylat, Methylacrylat, Ethylacrylat und Butylacrylat.

Ein geeignetes (Meth)acrylatcopolymer mit tertiären Aminogruppen kann z. B. aus 20 - 30 Gew.-% Methylmethacrylat, 20 - 30 Gew.-% Butylmethacrylat und 60 - 40 Gew.-% Dimethylaminoethylmethacrylat aufgebaut sein.

Ein konkret geeignetes handelsübliches (Meth)acrylatcopolymer mit tertiären Aminogruppen ist z. B. aus 25 Gew.-% Methylmethacrylat, 25 Gew.-% Butylmethacrylat und 50 Gew.-% Dimethylaminoethylmethacrylat aufgebaut (EUDRAGIT® E100).

Die Copolymere werden in an sich bekannter Weise durch radikalische Substanz-, Lösungs-, Perl- oder Emulsionspolymerisation erhalten. Sie müssen vor der Verarbeitung durch geeignete Mahl-, Trocken- oder Sprühprozesse in den erfindungsgemäßen Teilchengrößenbereich gebracht werden. Dies kann durch einfaches Brechen extrudierter und abgekühlter Granulatstränge oder Heißabschlag erfolgen.

Insbesondere bei Mischung mit weiteren Pulvern oder Flüssigkeiten kann der Einsatz von Pulvern vorteilhaft sein. Geeignete Gerätschaften zur Herstellung der Pulver sind dem Fachmann geläufig, z. B. Luftstrahlmühlen, Stiftmühlen, Fächermühlen. Gegebenenfalls können entsprechende Siebungsschritte einbezogen werden. Eine geeignete Mühle für industrielle Großmengen ist zum Beispiel eine Gegenstrahlmühle (Multi Nr. 4200), die mit ca. 6 bar Überdruck betrieben wird.

Die mittlere Teilchengröße kann bei Pulvern wie folgt bestimmt werden:

- Durch Luftstrahlsiebung zur einfachen Aufteilung des Mahlproduktes in wenige Fraktionen. Diese Methode ist in diesem Meßbereich etwas ungenauer als die Alternativen. Mindestens 70, bevorzugt 90 % der Teilchen bezogen auf die Masse (Masseverteilung) sollen im Größenbereich von 1 - 40 µm bevorzugt zwischen 5 und 35, insbesondere zwischen 10 und 20 µm liegen.

- Eine gut geeignete Meßmethode ist die Laserbeugung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung. Handelsübliche Geräte erlauben die Messung in Luft (Fa. Malvern S3.01 Partikelsizer) oder bevorzugt in flüssigen Medien (Fa. LOT, Galai CIS 1). Voraussetzung für die Messung in Flüssigkeiten ist, das sich das Polymer darin nicht löst oder die Teilchen auf eine andere Weise während der Messung verändern. Ein geeignetes Medium ist z. B. eine stark verdünnte (ca. 0,02%ige) wäßrige Polysorbat 80 Lösung.

Mischungen

Das (Meth)acrylat-Copolymere liegt in Mischung mit 1 bis 70 Gew.-% eines Weichmachers und eines Trockenstellmittels im Verhältnis 1 : 1 bis 1 : 20, bevorzugt 1 : 1 bis 1 : 10, besonders bevorzugt von 1 : 1 bis 1 : 4 vor.

Gegebenenfalls kann die Mischung noch weitere pharmazeutisch übliche Hilfsstoffe enthalten z. B. in einem Anteil von 0,001 Gew.-% bis 30 Gew.-%, bezogen auf das (Meth)acrylat-Copolymere, enthalten.

Zur Steuerung der Wirkstoffabgabe kann es im Einzelfall vorteilhaft sein, weitere Polymere zuzumischen. Der Anteil weiterer Polymere an der Mischung beträgt jedoch nicht mehr als 20 Gew.-%, bevorzugt höchstens 10 Gew.-%, insbesondere 0 - 5 Gew.-%, bezogen auf das (Meth)acrylat-Copolymere, beträgt.

Beispiele für solche weiteren Polymere sind: Polyvinylpyrrolidone, Polyvinylalkohole, anionische (Meth)acrylat-Copolymere aus Methylmethacrylat und/oder Ethylacrylat und Methacrylsäure (EUDRAGIT® L 100, EUDRAGIT® S 100, EUDRAGIT® L 100-55). Anionische (Meth)acrylat-Copolymere aus Methylmethacrylat, Methylacrylat und Methacrylsäure, Carboxymethylcellulose-Salze, Hydroxypropylcellulose (HPMC), neutrale (Meth)acrylat Copolymere aus Methylmethacrylat und Ethylacrylat (Trockensubstanz aus EUDRAGIT® NE 30 D), Copolymere aus Methylmethacrylat und Butylmethacrylat (PLASTOID® B) oder (Meth)acrylat Copolymere mit quaternären Ammoniumgruppen (EUDRAGIT® RL bzw. EUDRAGIT® RS).

Weiterhin können ein oder mehrere pharmazeutische Wirkstoffe enthalten sein, die sich bei Verarbeitungstemperatur nicht zersetzen.

Die im Sinne der Erfindung eingesetzten Arzneistoffe sind dazu bestimmt, am oder im menschlichen oder tierischen Körper Anwendung zu finden, um

1. Krankheiten, Leiden, Körperschäden oder krankhafte Beschwerden zu heilen, zu lindern, zu verhüten oder zu erkennen.
2. die Beschaffenheit, den Zustand oder die Funktionen des Körpers oder seelische Zustände erkennen lassen.
3. vom menschlichen oder tierischen Körper erzeugte Wirkstoffe oder Körperflüssigkeiten zu ersetzen.
4. Krankheitserreger, Parasiten oder körperfremde Stoffe abzuwehren, zu beseitigen oder unschädlich zu machen oder
5. die Beschaffenheit, den Zustand oder die Funktionen des Körpers oder seelische Zustände zu beeinflussen.

Gebräuchliche Arzneistoffe sind Nachschlagewerken, wie z.B. der Roten Liste oder dem Merck Index zu entnehmen.

Erfindungsgemäß können alle Wirkstoffe eingesetzt werden, die die gewünschte therapeutische Wirkung im Sinne der obigen Definition erfüllen und eine ausreichende Stabilität sowie Penetrationsfähigkeit durch die Haut besitzen.

Wichtige Beispiele (Gruppen und Einzelsubstanzen) ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind folgende:

Analgetika,
Antiallergika, Antiarrhythmika
Antibiotika, Chemotherapeutika, Antidiabetika, Antidote,
Antiepileptika, Antihypertonika, Antihypotonika,
Antikoagulantia, Antimykotika, Antiphlogistika,
Betarezeptorenblocker, Calciumantagonisten und ACE-Hemmer,
Broncholytika/Antiasthmatica, Cholinergika, Corticoide (Interna),
Dermatika, Diuretika, Enzyminhibitoren, Enzympräparate und
Transportproteine,
Expectorantien, Geriatrika, Gichtmittel, Grippemittel,
Hormone und deren Hemmstoffe, Hypnotika/Sedativa, Kardiaka, Lipidsenker,
Nebenschilddrüsenhormone/Calciumstoffwechselregulatoren,
Psychopharmaka, Sexualhormone und ihre Hemmstoffe,
Spasmolytika, Sympatholytika, Sympathomimetika, Vitamine,
Wundbehandlungsmittel, Zytostatika.

Beispiele für zum Einfüllen in die Formkörper (Kapseln) oder auch für die Einarbeitung in die Formkörper geeignete Wirkstoffe sind: Ranitidin, Simvastatin, Enalapril, Fluoxetin, Amlodipin, Amoxicillin, Sertalin, Nifedipin, Ciprofloxacin, Acyclovir, Lovastatin, Epoetin, Paroxetin, Captopril, Nabumeton, Granisetron, Cimetidin, Ticarcillin, Triamteren, Hydrochlorothiazid, Verapamil, Paracetamol, Morphinderivate, Topotecan oder der pharmazeutisch verwendeten Salze.

Weichmacher: Als Weichmacher geeignete Stoffe haben in der Regel ein Molekulargewicht zwischen 100 und 20 000 und enthalten eine oder mehrere hydrophile Gruppen im Molekül, z. B. Hydroxyl-, Ester- oder Aminogruppen. Geeignet sind Citrate, Phthalate, Sebacate, Rizinusöl. Beispiele geeigneter Weichmacher sind Citronensäurealkylester, Glycerinester, Phtalsäurealkylester, Sebacinsäurealkylester, Sucroseester, Sorbitanester, Dibutylsebacat und Polyethylenglykole 4000 bis 20.000. Bevorzugte Weichmacher sind Tributylcitrat, Triethylcitrat, Acetyltriethylcitrat, Dibutylsebacat und Diethylsebacat. Die Einsatzmengen liegen zwischen 1 und 35, bevorzugt 2 bis 10 Gew.-%, bezogen auf das (Meth)acrylat-Copolymere.

Trockenstellmittel (Antihafmittel): Trockenstellmittel haben folgende Eigenschaften: sie verfügen über große spezifische Oberflächen, sind chemisch inert, sind gut rieselfähig und feinteilig. Aufgrund dieser Eigenschaften lassen sie sich vorteilhaft in Schmelzen homogen verteilen und erniedrigen die Klebrigkeit von Polymeren, die als funktionelle Gruppen stark polare Comonomere enthalten.

Beispiele für Trockenstellmittel sind:

Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Kaolin, Talkum, Kieselsäure (Aerosile), Bariumsulfat, Ruß und Cellulose.

Trennmittel (Formtrennmittel)

Formtrennmittel müssen in einer Menge von von 0,05 Gew.-% bis 5, bevorzugt 0,1 bis 3 Gew.-% bezogen auf das Copolymere hinzugefügt werden.

Im Gegensatz zu Trockenstellmitteln haben Formtrennmittel die Eigenschaft, die Klebkraft zwischen dem Formteilen und der Werkzeugoberfläche, in dem das Formteil hergestellt wird, zu reduzieren. Dadurch wird es möglich, Formteile herzustellen, die nicht zerbrochen und geometrisch nicht deformiert sind. Formtrennmittel sind meist teilverträglich oder unverträglich mit den Polymeren, in denen sie besonders wirksam sind. Durch die Teil- bzw

Unverträglichkeit tritt beim Einspritzgen der Schmelze in den Formhohlraum eine Migration in die Grenzfläche des Überganges zwischen Werkzeugwandung und Formteil auf.

Damit Formtrennmittel besonders vorteilhaft migrieren können, muss der Schmelzpunkt des Formtrennmittels 20°C bis 100°C unterhalb der Verarbeitungstemperatur des Polymeren liegen.

Beispiele für Trennmittel (Formtrennmittel) sind:

Ester von Fettsäuren oder Fettsäureamide, aliphatische, langkettige Carbonsäuren, Fettalkohole sowie deren Ester, Montan- oder Paraffinwachs und Metallseifen, insbesondere zu nennen sind Glycerolmonostearat, Stearylalkohol, Glycerolbehensäureester, Cetylalkohol, Palmitinsäure, Kanaubawachs, Bienenwachs etc..

Weitere pharmazeutisch übliche Hilfsstoffe: Hier sind z. B, Stabilisatoren, Farbstoffe, Antioxidantien, Netzmittel, Pigmente, Glanzmittel etc. zu nennen. Sie dienen vor allem als Verarbeitungshilfsmittel und sollen ein sicheres und reproduzierbares Herstellungsverfahren sowie gute Langzeitlagerstabilität gewährleisten werden kann. Weitere pharmazeutisch übliche Hilfsstoffe können in Mengen von 0,001 Gew.-% bis 30 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 10 Gew.-% bezogen auf das Copolymere vorliegen.

Niedrigsiedende Bestandteile

Das an sich bekannte (Meth)acrylat-Copolymer weist in seiner Handelsform praktisch immer einen Gehalt an niedrigsiedenden Bestandteilen mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C von über 0,5 Gew.-% auf. Übliche Gehalte dieser Bestandteile liegen im Bereich von 0,7 bis 2,0 Gew.-%. Bei den niedrigsiedenden Bestandteilen handelt es sich in der Hauptsache um Wasser, das aus der Luftfeuchtigkeit aufgenommen wird.

Verfahrensschritt b)

Entgasen der Mischung bei Temperaturen von mindestens 120 °C, bevorzugt mindestens 150 °C und höchstens 250 °C, wodurch der Gehalt der niedrigsiedenden Bestandteile mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C auf höchstens 0,5 Gew.-%, bevorzugt höchstens 0,2 Gew.-%, besonders bevorzugt höchstens 0,1 Gew.-% gesenkt wird. Dadurch kann vermieden werden, daß es während des Spritzgußvorganges in Verfahrensschritt c) zu einer unerwünschten plötzlichen Ausgasung kommt, die zu Blasenbildung oder einem Aufschäumen innerhalb des entstehenden Formkörpers führen würde, der dann unbrauchbar wäre.

Da das (Meth)acrylat-Copolymeren eine Glasatemperatur im Bereich von 50 °C aufweist, können niedrigsiedende Bestandteile nicht durch einfaches Trocken bei erhöhter Temperatur entfernt werden, das das Copolymer dabei in ungewünschter Weise versintern oder verfilmen würde.

Deshalb wird der Entgasungsschritt b) bevorzugt durch Extrusionstrocknung mittels eines Extruders mit Entgasungszone oder mittels einer Spritzgießanlage mit einem Spritzgießwerkzeug mit vorgeschalteter Entgasungsöffnung ausgeführt.

Das durch Extrusionstrocknung in einem Extruder mit Entgasungszone erhaltene, entgaste Extrudat kann ohne weitere Verfahrensschritte zur Entfernung siedersiedende Bestandteile unmittelbar auf die Spritzgießmaschine gegeben und direkt zu Formkörpern verarbeitet werden.

Beim Entgasen auf einer Spritzgießanlage mit vorhandener Entgasungsöffnung im Spritzgießzylinder erfolgt die Entgasung vor dem Einpressen der Kunststoffschmelze in die Spritzgießform mittels der genannten Entgasungsöffnung im Spritzgießzylinder.

Verfahrensschritt c)

Einspritzen der aufgeschmolzenen und entgasten Mischung in den Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs, wobei der Formhohlraum eine Temperatur aufweist, die mindestens 10 °C, bevorzugt mindestens 12 °C, besonders bevorzugt mindestens 15 °C, insbesondere mindestens 25 °C oder sogar mindestens 35 °C unterhalb der Glasatemperatur des (Meth)acrylat-Copolymeren liegt, Abkühlen der Schmelzemischung und Entnahme des erhaltenen Formkörpers aus der Form.

Die thermoplastische Verarbeitung erfolgt in an sich bekannter Weise mittels einer Spritzgußmaschine bei Temperaturen im Bereich von 80 bis 220 °C, insbesondere zwischen 120 °C und 160°C und bei Drücken von 60 bis 400bar, bevorzugt 80bar bis 120bar.

Die Formtemperatur liegt bei Glasatemperaturen der eingesetzten (Meth)acrylat-Copolymeren in Bereich von z. B. 40°C bis 80°C entsprechend niedriger z. B. bei höchstens 30 oder höchstens 20 °C, so daß das Copolymer bereits nach kurzer Zeit nach dem Einspritzvorgang in der Form erstarrt und der fertige Formkörper entnommen bzw. entformt werden kann.

Die Formkörper können aus der Formhöhle des Spritzgießwerkzeuges ohne Bruch entformt werden und weisen eine gleichmäßige, kompakte einwandfreie Oberfläche auf. Der Formkörper zeichnet sich durch mechanische Belastbarkeit bzw. Elastizität und Bruchfestigkeit aus.

Er weist insbesondere eine Schlagzähigkeit nach ISO 179 gemessen an Probekörpern von mindestens 1,0 KJ/m², bevorzugt von mindestens 1,5 KJ/m², besonders bevorzugt von mindestens 2,0 KJ/m² auf.

Die Wärmeformbeständigkeit VST (A10), gemessen an Probekörpern nach ISO 306 liegt in etwa zwischen 30°C und 60°C.

Die erfindungsgemäß erhaltenen Formkörper können z. B. die Form einer Kapsel, den Teil einer Kapsel, z. B. einer Kapselhälfte, oder einer Steckkapsel aufweisen, die als Behältnis für einen pharmazeutischen Wirkstoff dient. Es können z. B. in Bindemitteln enthaltene Wirkstoffe in Form von Pellets eingefüllt werden und hiernach werden die beiden Kapselteile durch Kleben, Verschweißen durch Laser, Ultraschall bzw. Mikrowellen oder mittels Schnappverbindung zusammengefügt.

Nach diesem Verfahren können erfindungsgemäß auch Kapseln aus unterschiedlichem Material (z.B. Gelatine, anhydrolysierte Stärke, HPMC oder andere Methacrylate) miteinander kombiniert werden. Der Formkörper kann somit auch Teil einer Dosiereinheit sein.

Auch andere Formen, wie Tabletten- oder Linsengeometrien sind möglich. Hierbei enthält der Compound, der für das Spritzgießen zum Einsatz kommt bereits den pharmazeutischen Wirkstoff. In der endgültigen Form liegt der Wirkstoff möglichst gleichmäßig verteilt in kristalliner (Solid Dispersion) oder gelöster Form (Solid Solution) vor.

BEISPIELE

Beispiel 1: Magensaftlöslicher Formkörper / Entgasung im Extruder

Auf einem Doppelschneckenextruder (Leistritz LMS 30.34) wurde ein erfindungsgemäße Mischung (Compound) hergestellt.

Über eine gravimetrische Dosiereinrichtung wurde in die Einzugszone des Doppelschneckenextruders 10 kg Granulat ein Methacrylat-Copolymer aus 25 Gew.-% Methylmethacrylat, 25 Gew.-% Butylmethacrylat und 50 Gew.-% Dimethylaminoethylmethacrylat (EUDRAGIT® E100) pro h zudosiert. Über eine weitere gravimetrische Dosiereinrichtung wurde zusätzlich kontinuierlich in die Einzugszone des Doppelschneckenextruders 20 Gew.-% Talkum (Trockenstellmittel) sowie 0,25 Gew.-% Stearylalkohol (Formtrennmittel) zudosiert.

Mit einer Schneckendrehzahl von 120 U/min wurde die Komponenten in den Extruder eingezogen, dass Polymere plastifiziert und das Talkum homogen in die Schmelze eingemischt. Die eingestellte Schmelzetemperatur betrug 160°C. Nach einer Länge von 50% der Gesamtlänge des Doppelschneckenextruders ist in der Zylinderwandung eine Öffnung eingebracht, über die mittels einer Membranpumpe Triethylcitrat in einer Menge von 5 Gew.-% bezogen auf die Polymermenge zugepumpt wird. Nach einer Mischzone für die Homogenisierung der Mischung ist im Schneckenzyylinder eine Entgasungsöffnung eingebracht, die eine Öffnung zur Umgebung aufweist. Es kann beobachtet werden, dass aus der Entgasungszone Dampf austritt.

Mittels einer Düse wurden vier Stränge aus dem Extruder abgeformt, über ein gekühltes Blech abgezogen und zu Granulat geschnitten. An erhaltenen Granulat wurde der Feuchtegehalt (bestimmt nach K. Fischer) mit 0,05% ermittelt. Eine Überprüfung des nicht extrudierten Ausgangsgranulats ergab 0,94% Wasser.

Zur Verbesserung der Reiselfähigkeit und Reduzierung der Klebrigkeit wurde das Granulat nach Zusatz von 0,05% Talkum in einer Mischtrommel intensiv gemischt, so dass die Granulatkörner eine gepuderte Oberfläche aufwiesen.

Spritzgießverarbeitung des erhaltenen Granulats:

Die erhaltene Mischung (Compound) wurde in den Trichter einer Spritzgießmaschine (Arburg Allrounder 221-55-250) gegeben und Formkörper spritzgegossen.

An der Spritzgießmaschine wurden folgende Temperaturen eingestellt:

Zone 1 (Einzugszone): 70°C, Zone 2: 120°C Zone 3: 160°C Zone 4: 160°C
Zone 5 (Düse): 130°C. Einspritzdruck 60 bar, Nachdruck: 50 bar, Staudruck 5bar. Werkzeugtemperatur: 17°C

Als Formkörper wurde ein Plättchen 60 x 45 x 1mm spritzgegossen.

Es konnten Plättchen frei von Schlieren mit einwandfreier glatter Oberfläche hergestellt werden. Die Plättchen ließen sich problemlos entformen und sind geometriestabil.

Beispiel 2: (Vergleichsbeispiel)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurde ein Compound hergestellt, wobei die Entgasungsöffnung am Ende des Extruders verschlossen wurde.

Am aus dem Extruder erhaltenen Granulat wurde ein Feuchtegehalt von 0,63% bestimmt.

Das Granulat wurde wie in Beispiel 1 auf die Spritzgießmaschine gegeben und unter Beibehaltung der Parametereinstellung verarbeitet.

Die erhaltenen Formkörper zeigten Schlieren und Oberflächenfehler und entsprechen nicht den Anforderungen.

Nach Herstellung von 7 Formkörpern traten Probleme mit dem Granulateinzug auf der Spritzgießmaschine auf. Es konnte festgestellt werden, dass im Einzugsbereich der Schnecke sich kondensierte Feuchtigkeit angesammelt hatte, die zum Zusammenbrechen der Feststoffförderung führte.

Beispiel 3: (Vergleichsbeispiel / ohne Trockenstellmittel)

Es wurde wie in Beispiel 1 beschrieben, eine Mischung lediglich unter Zusatz von 0,25 Gew-% Stearylalkohol aber ohne Trockenstellmittel hergestellt. Das erhaltene Granulat wurde wie in Beispiel 1 beschrieben auf die Spritzgießmaschine gegeben und verarbeitet. Es war nicht möglich, ein Formteil herzustellen. Das Plättchen klebt im Spritzgießwerkzeug und kann nicht entformt werden.

Beispiel 4: Entgasung auf einer Spritzgießmaschine

Eine wie unter Beispiel 1 beschriebene Mischung (Compound) wurde hergestellt, wobei die Entgasungsöffnung verschlossen war. Am erhaltenen Granulat wurde der Feuchtegehalt nach K. Fischer mit 0,57 % ermittelt. An der Spritzgußmaschine wurde die Spritzgießeinheit gegen eine Einheit mit einer Entgasungsöffnung im Schneckenzyylinder ausgetauscht. Das Granulat konnte problemlos zu Formkörpern verarbeitet werden.

Beispiel 5:

Es wurde eine Mischung wie in Beispiel 1 angegeben hergestellt. Auf einer Spritzgußmaschine (Modell Boy micro 22) wurden mit einem Spritzgießwerkzeug für Kapseln mit einer Länge von 16 mm, einen mittleren Außendurchmesser von 6,8 mm, der sich zum geschlossenen Ende hin auf 4mm verjüngt und eine Wandstärke von 0,6 mm spritzgegossen.

Nach dem Einspritzen der Schmelze und einer Nachdruckzeit von 6 Sekunden wurde nach einer Kühlzeit von 18 Sekunden das Werkzeug geöffnet und die Kapseln entformt. Die Kapseln konnten ohne Bruch aus dem Werkzeug entformt werden. Es wurden mechanisch stabile, opake bis weißlich gefärbte Kapseln erhalten.

Prüfung der Magensaftlöslichkeit der hergestellten Kapseln

Die hergestellten Kapseln wurden gemäß Pharm. Eur in einem Paddle Gerät mit einer Drehzahl von 100/min hinsichtlich Lösungsverhalten geprüft. In künstlichem Magensaft (0,1 n Salzsäure, pH 1,2) löst sich die Kapsel nach 2

Stunden auf, in demineralisiertem Wasser war nur eine leicht Quellung verbunden mit einer weißlichen Trübung zu beobachten, während in Phosphatpuffer pH 7,5 nach 2 Stunden keine Veränderung festzustellen war.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung von Formkörpern mittels Spritzguß

mit den Verfahrensschritten

a) Aufschmelzen eines (Meth)acrylat-Copolymeren, das sich aus 30 bis 80 Gew.-% radikalisch polymerisierten C1- bis C4-Alkylestern der Acryl- oder der Methacrylsäure und 70 bis 20 Gew.-% (Meth)acrylat-Monomeren mit einer tertiären Ammoniumgruppe im Alkylrest zusammensetzt,

wobei das (Meth)acrylat-Copolymere in Mischung mit 1 bis 70 Gew.-% von einem Weichmacher und einem Trockenstellmittel im Verhältnis 1: 1 bis 1 : 20 vorliegt,

wobei mindestens 1 Gew.-% Weichmacher enthalten ist,

sowie 0,05 bis 5 Gew.-% eines Trennmittels enthalten sind und

zusätzlich weitere übliche Additive oder Hilfsstoffe und gegebenenfalls ein pharmazeutischer Wirkstoff in der Mischung enthalten sein können und die Mischung vor dem Aufschmelzen einen Gehalt an niedrigsiedenden Bestandteilen mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C von über 0,5 Gew.-% aufweist,

b) Entgasen der Mischung im thermoplastischen Zustand bei Temperaturen von mindestens 120 °C, wodurch der Gehalt der niedrigsiedenden Bestandteile mit einem Dampfdruck von mindestens 1,9 bar bei 120°C auf höchstens 0,5 Gew.-% gesenkt wird

c) Einspritzen der aufgeschmolzenen und entgasten Mischung in den Formhohlraum eines Spritzgießwerkzeugs, wobei der Formhohlraum eine

Temperatur aufweist, die mindestens 10 °C unterhalb der Glasatemperatur des (Meth)acrylat-Copolymeren liegt, Abkühlen der Schmelzemischung und Entnahme des erhaltenen Formkörpers aus der Form.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Entgasungsschritt b) durch Extrusionstrocknung mittels eines Extruders mit Entgasungszone oder mittels einer Spritzgießanlage mit einer, dem Spritzgießwerkzeug vorgeschalteten Entgasungsöffnung im Spritzgießzylinder erfolgt.
3. Spritzgegossener Formkörper herstellbar in einem Verfahren nach Anspruch 1 oder 2.
4. Formkörper nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Schlagzähigkeit nach ISO 179 von mindestens 1,5 KJ/m² aufweist.
5. Formkörper nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Kapsel, den Teil einer Kapsel oder den Teil einer Dosiereinheit handelt.
6. Formkörper nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß er einen pharmazeutischen Wirkstoffe enthält.
7. Verwendung eines Formkörpers nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 6 als Behältnis oder als Träger für einen pharmazeutischen Wirkstoff.

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE INTERNATIONAL
PATENT COOPERATION TREATY (PCT)
World Organization for Intellectual Property
International Office

Date of International Publication: June 7, 2001

International Publication No.: WO 01/39751 A1

International Patent Classification: A61K 9/48, 9/20

International Reference No.: PCT/EP00/11922

Date of International Application: November 29, 2000

Language of submission: German

Language of publication: German

Priority Data : 199 58 007.3 December 2, 1999 DE

Applicant (for all states except US): RÖHM GMBH [DE/DE],
Kirschenallee, 64293 Darmstadt (DE)

Inventors; and

Inventors/Applicants (for US only): PETEREIT, Hans-Ulrich [DE/DE];
Händelstrasse 40, 64291 Darmstadt (DE).
BECKERT, Thomas [DE/DE];
Carlo-Mierendorff-Strasse 36, 64297
Darmstadt (DE).
ASSIMUS, Manfred [DE/DE];
Erbsengasse 9, 64404 Bickenbach (DE).
HÖSS, Werner [DE/DE];
Hohebergstrasse 43, 63150 Heusenstamm
(DE).
FUCHS, Wolfgang [DE/DE];
Hauptstrasse 20, 64665 Alsbach (DE).
SCHIKOWSKY, Hartmut [DE/DE];
Karlstrasse 1, 64285 Darmstadt (DE).

Contracting States (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US,
UZ, VN, YU, ZA, ZW.

Contracting States (regional): ARIPO patent GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Published

With an international search report.

Refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette for explanation of the two-letter codes and other abbreviations.

Title: INJECTION MOLDING METHOD FOR (METH)ACRYLATE COPOLYMERS HAVING TERTIARY AMMONIUM GROUPS.

Abstract: The invention relates to a method for producing molded bodies by injection molding which comprises the following steps: a) melting a (meth)acrylate copolymer that is composed of 30 to 80% by weight of radically polymerized C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20% by weight of (meth)acrylate monomers with a tertiary ammonium group in the alkyl radical. The (meth)acrylate copolymer used is present in a mixture with 1 to 70% by weight of a softener and a desiccating agent in a ratio of 1:1 to 1:20 and with 0.05 to 5% by weight of a mold-release agent. In addition, other conventional additives or adjuvants and optionally a pharmaceutically active substance can be present in the mixture. Before melting, the mixture has a content of more than 0.5% by weight of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C. In step b), the mixture is degassed in the thermoplastic state at temperatures of at least 120°C, thereby reducing the content of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C to not more than 0.5% by weight. The molten and degassed mixture is c) injected into the mold cavity of an injection mold, the mold cavity having a temperature that is at least 10°C below the glass transition temperature of the (meth)acrylate copolymer. The molten mixture is then cooled off and the resulting molded body is removed from the mold.

Injection-molding method for (meth)acrylate copolymers having tertiary ammonium groups

The invention relates to a procedure for producing molded bodies by injection molding, the molded bodies themselves and their use for pharmaceutical purposes.

Prior Art

US 4,705,695 describes a method of coating pharmaceutical formulations with an aqueous coating agent containing a water-soluble (meth)acrylate copolymer with tertiary amino groups and with a water-insoluble neutral polymer as a binder. The solubility of the (meth)acrylate copolymer, consisting, for example, of equal percentages of methylmethacrylate and dimethylaminoethylmethacrylate, is caused by stirring in powder form with particle sizes under 0.25 mm into water with the simultaneous addition of an acid. An insoluble copolymer, e.g., from methylmethacrylate and ethylacrylate (70:30) is used as a binder. The production of the coating solution is relatively expensive. Due to the acid content, the coating has an unpleasant taste. Corresponding films dissolve both in artificial gastric juice and in water in less than two minutes.

EP 0,704,207 A2 describes thermoplastic synthetics for medicine containers that are soluble in intestinal juice. This involves mixed polymers from 16 to 40% by weight acrylic or methacrylic acid, 30 to 80% by weight methacrylate and 0 to 40% by weight other alkyl esters of acrylic acid and/or methacrylic acid.

In the example, corresponding mixed polymers are melted at 160°C and are mixed after the addition of 6% by weight glycerine monostearate. The mixture is broken and ground to a powder. The powder is loaded into the feed chamber of an injection transfer mold and injected at 170°C under a pressure of 150 bar through an opening 0.5 mm wide into the mold cavity. After cooling, bubble-free, slightly opaque, thin-walled capsules for medicine are obtained. Special steps for removing low-boiling components immediately before injection mold processing are not disclosed.

Task and Solution

The task was seen to be to provide a procedure which allows familiar (meth)acrylate copolymers having monomers with tertiary ammonium groups to be processed by the injection molding process. In this way molded bodies must be obtained that have gastric acid soluble properties and meet high mechanical requirements so that they can be used, for example, as capsules (two-part capsules) that act as containers for pharmaceutically active substances.

Method of Producing Molded Bodies by Injection Molding

with the following steps:

- a) Melting a (meth)acrylate copolymer which comprises 30 to 80% by weight of radically polymerized C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20% by weight (meth)acrylate monomers with a tertiary ammonium group in

the alkyl radical,

the (meth)acrylate copolymer being present in a mixture of 1 to 70% by weight of a softener and a desiccating agent in a ratio of 1:1 to 1:20,

the mixture containing at least 1% by weight of a softener,

and containing 0.05 to 5% by weight of a mold-release agent, and

other conventional additives or adjuvants and optionally a pharmaceutically active substance also possibly being contained in the mixture, and the mixture, before melting, having a content of more than 0.5% by weight of low boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C.

- b) Degassing the mixture in the thermoplastic state at temperatures of at least 120°C, which lowers the content of low boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C to no more than 0.5% by weight.
- c) Injecting the molten and degassed mixture into the mold cavity of an injection molding die, the mold cavity having a temperature that is at least 10°C below the glass transition temperature of the (meth)acrylate copolymer, cooling the molten mixture and removing the resulting molded body from the mold.

The method of the invention allows new injection-molded bodies to be obtained which meet the requirements of high mechanical strength and temperature stability.

Embodiment of the Invention

The method of the invention for producing molded bodies by injection molding is divided into steps a), b) and c).

Step a)

Melting a (meth)acrylate copolymer comprising 30 to 80% by weight of radically polymerized C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20% by weight of (meth)acrylate monomers with a tertiary ammonium group in the alkyl radical, the (meth)acrylate copolymer used being present in a mixture having 1 to 70% by weight of a softener and a desiccating agent in a ratio of 1:1 to 1:20, preferably 1:1 to 1:10, and ideally 1:1 to 1:4, with at least 1% by weight of softener being present, and having 0.05 to 5% by weight, and preferably 0.1 to 3% by weight, of a mold-release agent. In addition, other conventional additives or adjuvants and optionally a pharmaceutically active substance may be present in the mixture. Before melting, the mixture has a content of more than 0.5% by weight of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C.

The copolymer, which is in the form of a granulate or powder, is preferably melted in an extruder at a temperature of 80 to 250°C.

The (Meth)acrylate Copolymer

The (meth)acrylate copolymer comprises 30 to 80% by weight of radically polymerized C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20% by weight (meth)acrylate monomer with a tertiary ammonium group in the alkyl radical.

Suitable monomers with functional tertiary ammonium groups are listed in US 4,705,695, column 3, line 64, through column 4, line 13. Special mention is given to dimethylaminoethylacrylate, 2-dimethylaminopropylacrylate, dimethylaminopropylmethacrylate, dimethylaminobenzylacrylate, dimethylaminobenzylmethacrylate, (3-dimethylamino-2,2-dimethyl)propylacrylate, dimethylamino-2,2-dimethyl)propylmethacrylate, (3-diethylamino-2,2-dimethyl)propylacrylate and diethylamino-2,2-dimethyl)propylmethacrylate. Dimethylaminoethylmethacrylate is especially preferred.

The content of monomers with tertiary ammonium groups in the copolymer may, beneficially, be between 20 and 70% by weight, and preferably between 40 and 60% by weight. The percentage of C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid is 70 to 30% by weight. Methylmethacrylate, ethylmethacrylate, butylmethacrylate, methylacrylate, ethylacrylate and butylacrylate must be mentioned.

A suitable (meth)acrylate copolymer with tertiary amino groups can, for example, be made up of 20 to 30% by weight methylmethacrylate, 20 to 30% butylmethacrylate and 60 to 40% by weight dimethylaminoethylmethacrylate.

A suitable commercial (meth)acrylate copolymer with tertiary amino groups is made up, for example, from 25% by weight methylmethacrylate, 25% by weight butylmethacrylate and 50% by weight dimethylaminoethylmethacrylate (EUDRAGIT® E100).

The copolymers are obtained in the conventional manner by radical substance, solution, pearl or emulsion polymerization. Before processing, they must be made to match the particle size range of the invention by grinding, drying or spraying processes. This can be done by simple breaking of extruded and cooled granulate strands or hot sprueing.

The use of powders may be beneficial, especially when mixing with other powders or liquids. Suitable equipment for producing the powder is familiar to the specialist, for example, air jet mills, pinned disk mills, fan mills. Optionally, corresponding screening steps can be used. A suitable mill for large industrial quantities is, for example, a counter jet mill (Multi No. 4200), which operates at approx. 6 bar.

For powders, the mean particle size can be determined as follows:

- By air-jet screening for simple division of the ground product into a few fractions. This method is somewhat less precise in this range of measurement than the alternatives. At least 70, and preferably 90%, of the particles relative to the mass (mass distribution) must be in the 1 to 40 µm range, preferably between 5 and 35, and ideally between 10 and 20 µm.

One highly suitable method of measurement is laser diffraction for determining the particle size distribution. Commercial units allow measurement in air (Malvern Co. S3.01 Particle Sizer) or preferably in liquid media (LOT Co., Galai CIS 1). The prerequisite for measurement in liquids is that the polymer does not dissolve in it or the particles do not change in another way during measurement. One suitable medium is, for example, a highly diluted (approx. 0.02%) aqueous polysorbate 80 solution.

Mixtures

The (meth)acrylate copolymer is present in a mixture with 1 to 70% by weight of a softener and a mold release agent in a ratio of 1:1 to 1:20, preferably 1:1 to 1:10, and ideally 1:1 to 1:4. Optionally, the mixture may contain other conventional pharmaceutical adjuvants, for example in a percentage of 0.001% by weight to 30% by weight relative to the (meth)acrylate copolymer.

To control the release of active substance, it may be beneficial in some cases to mix in other polymers. The percentage of other polymers in the mixture is no more, however, than 20% by weight, preferably no more than 10% by weight and ideally 0.5% by weight, relative to the (meth)acrylate copolymer.

Examples of such other polymers are: polyvinyl pyrrolidones, polyvinyl alcohols, anionic (meth)acrylate copolymers from methylmethacrylate and/or ethylacrylate and methacrylic acid (EUDRAGIT® L 100, EUDRAGIT® S 100, EUDRAGIT® L 100-55), anionic (meth)acrylate copolymers from methylmethacrylate, methylacrylate and methacrylic acid, carboxymethyl cellulose salts, hydroxypropyl cellulose (HPMC), neutral (meth)acrylate copolymers from methylmethacrylate and ethylacrylate (dry substance from EUDRAGIT® NE 30D), copolymers from methylmethacrylate and butylmethacrylate (PLASTOID® B) or (meth)acrylate copolymers with quaternary ammonium groups (EUDRAGIT® RL and EUDRAGIT® RS respectively).

One or more pharmaceutically active substances which do not decompose at the processing temperature may also be present.

The medicines used in the invention (pharmaceutical substances) are intended to be applied in the human or animal body to

1. heal, alleviate, prevent or identify diseases, ailments, bodily injury or pathological complaints;
2. to reveal the condition, state or functions of the body or mental states;
3. to replace substances or bodily fluids produced by the human or animal body;
4. to fend off, eliminate or render harmless pathogens, parasites or foreign substances; or
5. to influence the condition, state or functions of the body or mental states.

Currently used medicinal substances can be found in reference books such as, for example, the Red List or the Merck Index.

In the invention, all substances can be used which have the desired therapeutic effect as defined above and possess sufficient stability and the ability to penetrate through the skin.

Important examples (groups and individual substances) include but are not limited to the following:

Analgesics,
Antiallergics, antiarrhythmics,
Antibiotics, chemotherapeutics, antidiabetics, antidotes,
Antiepileptics, antihypertensives, antihypotensives,
Anticoagulants, antimycotics, antiphlogistics,
Beta receptor blockers, calcium antagonists and ACE inhibitors,
Broncholytics/antiasthmatics, cholinergics, corticoids (internal),
Dermatics, diuretics, enzyme inhibitors, enzyme preparations and transport proteins,
Expectorants, geriatrics, antipodagrics, influenza remedies,
Hormones and their inhibitors, hypnotics/sedatives, cardiacs, lipid lowerers,
Parathyroid hormones/calcium metabolism regulators,
Psychopharmaceuticals, sex hormones and their inhibitors,
Spasmolytics, sympatholytics, sympathomimetics, vitamins,
Wound treatment agents, cytostatics.

Examples of substances suitable for filling molded bodies (capsules) or for incorporation into the molded bodies are: ranitidine, simvastatin, enalapril, fluoxetine, amlodipine, amoxicillin, sertraline, nifedipine, ciprofloxacin, acyclovir, lovastatin, epoetin, paroxetine, captopril, nabumetone, granisetron, cimetidine, ticarcillin, triamterene, hydrochlorothiazide, verapamil, paracetamol, morphine derivatives, topotecan or the pharmaceutically used salts.

Softeners: Substances suitable as softeners usually have a molecular weight of between 100 and 20,000 and contain one or more hydrophilic groups in the molecule, e.g., hydroxyl, ester or amino groups. Citrates, phthalates, sebacates and castor oil are suitable. Examples of suitable softeners are citric acid alkylester, glycerine ester, phthalic acid alkylester, sebacic acid alkylester, sucrose ester, sorbitane ester, dibutyl sebacate and polyethylene glycols 4000 to 20,000. Preferred softeners are tributyl citrate, triethyl citrate, acetyltrihethyl citrate, dibutyl sebacate and diethyl sebacate. The amount used is between 1 and 35, preferably 2 to 10% by weight relative to the (meth)acrylate copolymer.

Desiccant (anti-adhesion agent): Desiccants have the following properties: they affect large specific surfaces, are chemically inert, are readily pourable and finely divided. Due to these properties, they can be effectively homogeneously distributed in molten masses and lower the adhesiveness of polymers which contain highly polar comonomers as functional groups.

Examples of desiccants are:

Aluminum oxide, magnesium oxide, kaolin, talcum, silicic acid (aerosils), barium sulfate, soot and cellulose.

Parting Agents (Mold Release Agents)

Mold release agents must be added in an amount of 0.05 to 5% by weight, preferably 0.1 to 3% by weight, relative to the copolymer.

Unlike desiccants, parting agents have the property of reducing the adhesive strength between the molded parts and the wall of the die in which the molded part is produced. This makes it possible to produce molded parts which do not break and are not geometrically deformed when removed from the mold. Parting agents are usually somewhat or completely incompatible with the polymers in which they are particularly effective. Due to the partial or total incompatibility when the melt is injected into the mold cavity, there is a migration into the transition interface between die wall and molded part.

For parting agents to be able to migrate particularly effectively, the melting point of the parting agent must be 20°C to 100°C below the processing temperature of the polymer.

Examples of parting agents (mold release agents) are: esters of fatty acids or fatty acid amides, aliphatic, long-chained carboxylic acids, fatty alcohols and their esters, montan or paraffin wax and metal soaps, with special mention for glycerol monostearate, stearyl alcohol, glycerol behenic acid ester, cetyl alcohol, palmitic acid, carnauba wax, beeswax, etc.

Other Conventional Pharmaceutical Adjuvants : These include, for example, stabilizers, dyes, antioxidants, wetting agents, pigments, brighteners, etc. They serve primarily as processings aids and are intended to ensure a reliable and reproducible production process as well as long-term storage stability. Other conventional pharmaceutical adjuvants may be present in amounts of 0.001 to 30% by weight, preferably 0.1 to 10% by weight.

Low-Boiling Components

In its commercial form, the familiar (meth)acrylate copolymer almost always has a content of more than 0.5% by weight of low-boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C. The standard amounts of these components are in the range of 0.7 to 2.0% by weight. The low-boiling components primarily involve water that is absorbed from the air humidity.

Step b)

Degassing the mixture at temperatures of at least 120°C, preferably at a minimum of 150°C and a maximum of 250°C, whereby the content of low-boiling components with a minimum vapor pressure of 1.9 bar at 120°C is reduced to a maximum of 0.5% by weight, preferably a maximum of 0.2% by weight, and ideally a maximum of 0.1% by weight. This prevents any sudden undesired out-gassing during the injection molding process in step c) that would lead to the

formation of bubbles or foaming within the molded body being created that would make it unusable.

Since the (meth)acrylate copolymer has a glass transition temperature in the 50°C range, low-boiling components cannot usually be removed by simple drying at a high temperature which would sinter or film over the copolymer in an undesirable manner..

Degassing step b) is therefore performed preferably by extrusion drying by means of an extruder with a degassing zone or by means of injection molding equipment with an injection molding die with a preceding degassing opening.

The degassed extruded material obtained by extrusion drying in an extruder with a degassing zone can be fed directly to the injection molding machine with no further steps to remove low-boiling components and can be processed directly into molded bodies.

In the case of degassing on an injection molding installation with a degassing opening in the injection molding cylinder, degassing is performed before the molten plastic mass is pressed into the injection molded shape by means of said degassing opening in the injection molding cylinder.

Step c)

Injecting the molten and degassed mixture into the mold cavity of an injection molding die, the mold cavity having a temperature that is at least 10°C, preferably at least 12°C, and better, at least 15°C, and ideally at least 25°C or even at least 35°C below the glass transition temperature of the (meth)acrylate copolymer, cooling the molten mixture and removing the resulting molded body from the mold.

The thermoplastic processing is performed in the familiar manner by means of an injection molding machine at temperatures in the range of 80 to 220°C, especially between 120°C and 160°C and at pressures of 60 to 400 bar, preferably 80 to 120 bar.

The mold temperature is, at glass transition temperatures of the (meth)acrylate copolymers used, correspondingly lower in a range of 40°C to 80°C, for example at a maximum of 30 or a maximum of 20°C so that the copolymer can be solidified a short time after the injection process in the mold and the finished molded body can be removed from the mold.

The molded bodies can be removed from the mold cavity of the injection molding die without breaking and have an even, compact, blemish-free surface. The molded body is distinguished by a mechanical stability under load or elasticity and resistance to breakage.

It has, in particular, an ISO 179 impact strength measured on test specimens of at least 1.0 KJ/m², preferably at least 1.5 KJ/m², and ideally at least 2.0 KJ/m².

The VST (A10) thermal stability, measured on test specimens according to ISO 306, is approximately between 30°C and 60°C.

The molded bodies obtained by the invention may have, for example, the form of a capsule, part of a capsule, e.g., a capsule half, or a two-part capsule, serving as a container for a pharmaceutically active substance. Active substances obtained in binders can be inserted in the form of pellets, for example, and the two capsule halves can then be joined together by adhesion, or by laser, ultrasonic or microwave welding, or by means of a snap connection.

According to this method, capsules made of different material (e.g., gelatines, anhydrolyzed starch, HPMC or other methacrylates) can be combined with each other. The molded body may therefore also be part of a dosage unit.

Other forms, such as tablets or lense geometries, are possible. In this case the compound used for the injection molding already contains the pharmaceutical substance. In the final form, the active substance is distributed as evenly as possible in crystalline (solid dispersion) or dissolved (solid solution) form.

EXAMPLES

Example 1: Molded Body Soluble in Gastric Juice / Degassing in Extruder

A mixture (compound) according to the invention was produced on a twin-screw extruder (Leistritz LMS 30.34).

10 kg granulate of a methacrylate copolymer from 25% by weight methylmethacrylate, 25% by weight butylmethacrylate and 50% by weight dimethylaminoethylmethacrylate (EUDRAGIT® E100) were fed per hour into the feed zone of the twin-screw extruder via a gravimetric dosing unit. 20% by weight talcum (desiccant) and 0.25% by weight stearyl alcohol (mold release agent) were also fed continuously into the feed zone of the twin-screw extruder via another gravimetric dosing unit.

The components were drawn into the extruder at a screw speed of 120 rpm, the polymer was plastified and the talcum was homogeneously mixed into the molten mass. The set melting temperature was 160°C. There is an opening in the cylinder wall after a length of 50% of the total length of the twin-screw extruder; triethyl citrate is pumped in through this opening by a membrane pump in an amount of 5% by weight relative to the amount of polymer. A degassing opening which opens to the environment is located in the screw cylinder after a mixing zone for the homogenization of the mixture. Vapor can be observed coming out of the degassing zone.

Four strands were molded from the extruder by means of a nozzle, drawn off via a cooled plate and cut into granulate. The moist granulate content obtained was found to be 0.05% according to the K. Fischer method. Examination of the non-extruded starting granulate revealed a water content of 0.94%.

To improve flowability and reduce adhesiveness, the granulate was vigorously mixed in a mixing drum after the addition of 0.05% talcum, so that the granulate particles had a powdered surface.

Injection Molding Processing of the Granulate Obtained

The mixture (compound) obtained was put into the funnel of an injection molding machine (Allrounder 221-55-250, Arburg Co.) and molded bodies were injection molded.

The following temperatures were set on the injection molding machine: zone 1 (feed zone): 70°C; zone 2: 120°C; zone 3: 160°C; zone 4: 160°C; zone 5 (nozzle): 130°C. Injection pressure 60 bar, dwell pressure 50 bar, dynamic pressure 5 bar. Die temperature: 17°C

A platelet 60 x 45 x 1 mm was injection-molded as a molded body. Platelets that had no streaks and a blemish-free smooth surface were produced. The platelets could be removed from the mold with no problem and are geometrically stable.

Example 2: (Example for Comparison)

A compound was produced as in Example 1, with the degassing opening at the end of the extruder being closed off. A moisture content of 0.63% was found in the granulate obtained from the extruder.

The granulate was placed on the injection molding machine as in Example 1 and processed with the parameter setting being respected.

The molded bodies obtained showed streaking and surface defects and did not meet the requirements.

After 7 molded bodies were produced, there were problems with the granulate input on the injection molding machine. It was found that condensed moisture had collected in the input area of the screw and had led to failure of the solids feed mechanism.

Example 3: (Example for Comparison / No Desiccant)

A mixture was produced as described in Example 1 with the addition of 0.25% by weight stearyl alcohol but no desiccant. The granulate obtained was fed into the injection molding machine and processed as described in Example 1. It was not possible to produce a molded part. The platelet sticks in the injection molding die and cannot be removed from the mold.

Example 4: Degassing in an Injection Molding Machine

A mixture (compound) was produced as described in Example 1, with the degassing opening being closed off. The moisture content of the granulate obtained was found to be 0.57% by the K. Fischer method. The injection molding unit on the injection molding machine was replaced with a unit with a degassing

opening in the screw cylinder. The granulate was then processed into molded bodies with no problem.

Example 5:

A mixture was produced as indicated in Example 1. Capsules with a length of 16 mm, a mean outside diameter of 6.8 that was reduced to 4 mm toward the closed end and a wall thickness of 0.6 mm were injection-molded on an injection-molding machine (Boy Micro 22 model).

After the molten material was injected and after a dwell time of 6 seconds followed by a cooling time of 18 seconds, the mold was opened and the capsules were removed. The capsules could be removed from the mold without breaking. Mechanically stable, opaque to whitish capsules were obtained.

Testing the Solubility in Gastric Juice of the Capsules Produced

The capsules produced were tested for dissolution behavior in accordance with Pharm. Eur in a paddle device with a rotation speed of 100 rpm. In artificial gastric juice (0.1 n hydrochloric acid, pH 1.2), the capsule dissolved after 2 hours; only a slight swelling associated with a whitish clouding was observed in demineralized water, while there was no change in phosphate buffer pH 7.5 after 2 hours.

CLAIMS

1. Method of producing molded bodies by injection molding

with the steps

a) Melting a (meth)acrylate copolymer which comprises 30 to 80% by weight of radically polymerized C₁ to C₄ alkyl esters of acrylic or methacrylic acid and 70 to 20% by weight (meth)acrylate monomers with a tertiary ammonium group in the alkyl radical,

the (meth)acrylate copolymer being present in a mixture having 1 to 70% by weight of a softener and a desiccating agent in a ratio of 1:1 to 1:20,

the mixture containing at least 1% by weight of a softener,

and containing 0.05 to 5% by weight of a mold-release agent, and

other conventional additives or adjuvants and optionally a pharmaceutically active substance also being contained in the mixture, and the mixture, before melting, having a content of more than 0.5% by weight of low boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C.

b) Degassing the mixture in the thermoplastic state at temperatures of at least 120°C, which lowers the content of low boiling components with a vapor pressure of at least 1.9 bar at 120°C to no more than 0.5% by weight.

- c) Injecting the molten and degassed mixture into the mold cavity of an injection molding die, the mold cavity having a temperature that is at least 10°C below the glass transition temperature of the (meth)acrylate copolymer, cooling the molten mixture and removing the resulting molded body from the mold.
2. Method as in Claim 1, characterized in that degassing step b) is performed by extrusion drying by means of an extruder with a degassing zone or by means of an injection-molding installation with a degassing opening preceding the injection-molding die in the injection-molding cylinder.
3. Injection-molded body that can be produced with a method as in Claim 1 or 2.
4. Molded body as in Claim 3, characterized in that it has an impact strength of at least 1.5 KJ/m² in accordance with ISO 179.
5. Molded body as in Claim 3 or 4, characterized in that a capsule, part of a capsule or part of a dosage unit is involved.
6. Molded body as in Claim 3 or 4, characterized in that it contains a pharmaceutically active substance.
7. Use of a molded body as in one or more of Claim 3 through 6 as a container or carrier for a pharmaceutically active substance.